

.....

Maja ŠĆEPANOVIĆ¹, Valentina ŠOŠTARČIĆ¹, Roberta MASIN², Klara BARIĆ¹,

¹ Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet

² University of Padova, DAFNAE

mscepanovic@agr.hr

MODELI PROGNOZE DINAMIKE NICANJA I BIO– EKONOMIČNI MODELI KAO POMOĆ U INTEGRIRANOM SUZBIJANJU KOROVA

SAŽETAK

Integrirano suzbijanje korova podrazumijeva opravdanu primjenu herbicida samo onda kad je ekonomska šteta od korova veća od troška njihova suzbijanja. Prema tom principu izrađeni su ekonomski pragovi štetnosti koji se baziraju na poznavanju kompetitivnih sposobnosti korovnih vrsta kao temelju za izračun očekivanoga gubitka prinosa uzgajane kulture. Ekonomski optimalni pragovi štetnosti predviđaju i dugoročne učinke korovnih vrsta (banku sjemena) i mjera suzbijanja korova na populacijsku dinamiku korova i ekonomsku dobit uzgajanog usjeva pa daju kompletniju informaciju poljoprivrednom proizvođaču. Zbog potpuno drukčije biologije i ekologije biljnih vrsta u odnosu na kukce i bolesti, usvajanje pragova štetnosti kao odluke o suzbijanju korova u praksi se provodi znatno sporije. U novije vrijeme u poljoprivredno razvijenim zemljama svijeta razvijeni su prognozni modeli namijenjeni poljoprivrednim proizvođačima za ekonomski i ekološki učinkovitije suzbijanje korova. Najinteresantniji i komercijalno dostupni prognozni modeli jesu bio–ekonomični modeli (DSS) i prognozni modeli nicanja. DSS modeli integriraju biologiju korovnih vrsta s ekonomijom uzgoja poljoprivredne kulture i nude proizvođačima informaciju o tome da li je potrebno tretirati i čime treba tretirati. Informaciju kad je potrebno tretirati odnosno kako odrediti optimalno vrijeme primjene herbicida nude prognozni modeli nicanja. Na temelju prognoze o tome kad će korovi početi nicati i koliko će trajati razdoblje nicanja, može se odrediti optimalno vrijeme suzbijanja bilo kojim dostupnim mjerama borbe.

Ključne riječi: integrirano suzbijanje korova, ekonomski prag štetnosti, bio–ekonomični modeli, DSS, prognozni modeli nicanja

UVOD

Jedan od načina smanjenja uporabe herbicida temelji se na razvoju integriranog suzbijanja korova. Usklađivanjem s legislativom Europske unije, Republika Hrvatska uvodi integrirani sustav proizvodnje, koji će od 2017. godine postati jedini mogući proizvodni sustav. Integrirano suzbijanje korova obuhvaća korištenje herbicida samo kad je potrebno, koliko je potrebno i čime je potrebno (Barić i Šćepanović, 2015).

Osnovno načelo integrirane biljne proizvodnje jest opravdana primjena

herbicida samo onda kad je ekonomska šteta izazvana prisutnim korovima u usjevu veća od troška primjene herbicida (Zanin i sur., 1993). Na toj osnovi prihvaćeno je tolerirati prisutnost određenog broja korova koji ekonomski neće štetiti usjevu. Koncept ekonomskog praga štetnosti (EPŠ) razvijen je 80-ih godina prošloga stoljeća (Cousens, 1987), a bazira se na poznavanju kompetitivnih sposobnosti prisutnih korova u usjevu kao temelj za izračun očekivanog gubitka prinosa u ovisnosti o utvrđenoj gustoći zakorovljenosti. Potom je te informacije potrebno integrirati s očekivanim učinkom suzbijanja korova, ali i s ekonomskim čimbenicima poput troška herbicida. Koncept ekonomskog praga štetnosti za jednu korovnu vrstu ispravan je samo za one specifične korovne vrste koje zahtijevaju zasebnu aplikaciju herbicida (npr. *Avena fatua* L.). Međutim, usjevi su najčešće zakorovljeni s heterogenom korovnom populacijom, što zahtijeva prilagodbu odnosno kvantifikaciju kompetitivnih učinaka svih prisutnih korova u polju.

Ekonomski pragovi štetnosti utvrđeni su za ekonomski važne korovne vrste u nekim ratarskim kulturama. Tako primjerice na m² pšenice EPŠ za *Galium aparine* L. iznosi 0,5 jedinki (Heitefuss i sur., 1987), za *Alopecurus myosuroides* Huds. 30 jedinki (Heitefuss i sur., 1987), a za vrstu *Avena* spp. iznosi 8-12 jedinki (Cousens i sur., 1985).

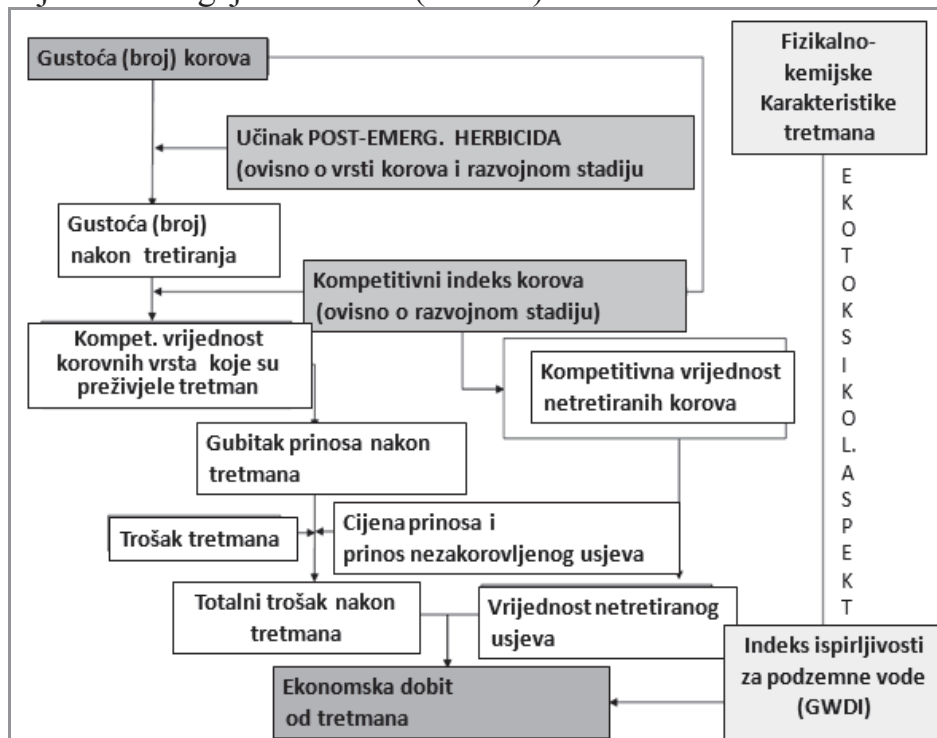
Ekonomski pragovi štetnosti za entomološke vrste koriste se još od 70-ih godina prošloga stoljeća, usvajanje pragova štetnosti za suzbijanje korova odvija se znatno sporije (Stern, 1973). Razlog tomu je potpuno drukčija biologija i ekologija biljnih (korovnih) vrsta u odnosu na kukce i bolesti, a posebice utjecaj brojnih vanjskih (svjetlost, temperatura) i unutarnjih čimbenika (dormantnost sjemena) na kritično razdoblje zakorovljenosti usjeva (Wilkerson i sur., 2002). Osim toga, broj korova po jedinici površine kao mjerilo ekonomskog praga štetnosti ne daje cjelovit odgovor o odluci tretiranja. Naime, nesuzbijene jedinice korova koje ekonomski ne bi štetile usjevu osjemenjivanjem ostavljaju veliku količinu sjemena u sljedećim usjevima. Stoga većina istraživača navodi da je ekonomski prag štetnosti za ekonomski važne korovne vrste, poput *Abutilon theophrasti* Medik., nula odnosno da se u usjevu ne tolerira prisutnost ni jedne jedinice (Zanin i Sattin, 1988).

Uvidjevši nedostatke donošenja odluke o suzbijanju korova temeljene isključivo na ekonomskom pragu štetnosti, u novije vrijeme razvijeni su simulacijski modeli koji predviđaju dugoročne učinke korovnih vrsta (banka sjemena) i mjera suzbijanja korova na populacijsku dinamiku korova i ekonomsku dobit uzgajanog usjeva (Lindquist i sur., 1995). U tom smislu razvijeni su ekonomski optimalni pragovi štetnosti (EOPŠ), koji osim kompetitivnosti korova i troška njihova suzbijanja uključuju i suzbijanje onih korova koji poniknu od nesuzbijenih jedinki iz prethodne godine. Tako primjerice utvrđen EOPŠ za *Abutilon theophrasti* iznosi 0,3 - 0,4 jedinice na 10 m² usjeva soje, a ekonomski gledano kroz prinos soje, prag štetnosti (EPŠ) za tu vrstu iznosi 2,6 jedinki (Lindquist i sur., 1995). Odnos između EOPŠ i EPŠ je to veći što modelirana korovna vrsta ima perzistentnije (dormantnije) sjeme. Isti autor tako navodi da je taj omjer za samonikli suncokret (*Helianthus annuus* L.)

puno manji (oko 3,5 puta) jer je sjeme ove vrste kraće perzistentno, ali i podložnije napadu ptica što sve utječe na veći mortalitet sjemena od preživjelih jedinki.

MODELI PRIMJENJIVI U HERBOLOGIJI

Uvođenjem ekonomskih pragova štetnosti za racionalniju primjenu herbicida, omogućen je daljnji razvoj u području preciznog (usmjerenog) suzbijanja korova. Brz razvoj prognoznih modela potaknut je i razvojem računala, uvođenjem internetskih veza u poljoprivredu i općenito korištenjem modernije tehnologije. Unutar područja herbologije (proučavanja i suzbijanja korova) danas se u svijetu koristi nekoliko skupina modela: modeli dinamike populacije korovnih vrsta, modeli koji proučavaju kompetitivnost korov–kultura, ekotoksikološki modeli koji obuhvaćaju utjecaj herbicida na okoliš, prognozni modeli nicanja te bio–ekonomični modeli. Bio–ekonomični modeli ili tzv. DSS modeli (eng. *decision support system*) najsveobuhvatniji su modeli namijenjeni kao pomoć poljoprivrednim proizvođačima za usmjerenu, ekonomski i ekološki racionalnu primjenu herbicida. Kao što im i sam naziv govori bio–ekonomični modeli integriraju biologiju korovnih vrsta s ekonomskim aspektom uzgoja određene poljoprivredne kulture. Iako je danas u svijetu razvijeno nekoliko različitih tipova DSS modela, svi rade prema istom načelu odnosno sugeriraju primjenu herbicida temeljem: utvrđene gustoće i sastava korovne flore u polju, izračuna očekivanog gubitka prinosa prije i nakon provođenja mjera suzbijanja korova, procjene ekonomske isplativosti (dobiti) tretiranja te potencijalne tržišne vrijednosti uzgajane kulture (crtež 1.).



Crtež 1. Prikaz svih čimbenika koji ulaze u izradu bio–ekonomičnog modela (prilagođeno prema Masin, R., usmeno izlaganje)

U svijetu je razvijeno i komercijalno dostupno poljoprivrednim proizvođačima ratarskih kultura kao pomoć za odluku o suzbijanju korova, nekoliko DSS modela. Najveći broj tih modela koristi se u Sjedinjenim Američkim Državama: Mississippi – HERB, MSU HERB i NebHERB (Rankins i sur. 1998); Michigan – WEEDSIM (Renner i sur., 1999); Sjeverna Karolina – HADSS (Scott i sur., 2011); Colorado – WEEDCAM (Lybecker, 1991), Nebraska – WeedSOFT (Neeser i sur. 2004), ali i u Europi: Italija – GenstINF (Berti i Zanin, 1997) Danska – Pl@ntInfo (Jensen, 2000) i dr. Iako je izrada tih modela dugotrajna jer je dugogodišnjim pokusima potrebno utvrditi indekse kompetitivnosti korovnih vrsta, korisnicima DSS modela jedini je zadatak obaviti „scouting“ odnosno pregled polja da bi se utvrdila prisutna korovna flora. Upravo je potreba za „scouting–om“ jedan od glavnih razloga težeg prihvaćanja tih modela od poljoprivrednih proizvođača, iako je dokazano da se njihovim korištenjem može smanjiti uporaba herbicida za 40 - 50 % na nacionalnoj razini (Masin i sur., 2010). Trošak, točnost (mogućnost prepoznavanja korova u mladom razvojnom stadiju) i vrijeme potrebno da se obavi „scouting“ limitirajući su razlozi za korisnike DSS modela, pogotovo u situacijama kad je potrebno na nekoliko polja (lokacija) obaviti pregled i utvrditi izniklu korovnu floru. Za korisnike GESINF modela u Italiji preporučeno je obaviti determinaciju poniklih korova na 20 - 30 mjesta na parceli na površini od 25 cm x 30 cm, a korisnicima HADSS modela u Sjedinjenim Američkim Državama predlaže se da se determinacija i prebrojavanje poniklih korova obavi na površini od 9,3 m² na 10 - 12 mjesta na parceli. Iako postoje određeni otpori poljoprivrednih proizvođača da se angažiraju i tako apravo odbijaju obaviti „scouting“ Wilkerson i sur. (2002) vjeruju u uspjeh odnosno prihvaćanje DSS modela među farmerima. Američko Ministarstvo Poljoprivrede (USD) u tom smislu provelo je regionalne i nacionalne projekte kojima je bio cilj uključivanje poljoprivrednih proizvođača iz 18 američkih država u programe suzbijanja korova prema sugestijama DSS modela HADSS i WeedSOFT. Još je optimističnija situacija u Danskoj, gdje je u tromjesečnom razdoblju (svibanj – kolovoz) još u 1998. godini 23 029 proizvođača (250 dnevno) posjetilo Pl@ntInfo – interaktivnu DSS softversku aplikaciju.

Korištenje DSS modela daje poljoprivrednim proizvođačima informaciju o tome da li je potrebno tretirati i čime je potrebno tretirati, međutim ne daje informaciju kad je potrebno obaviti tretiranje. Informaciju kad obaviti tretiranje moguće je dobiti jedino ako se poznaje dinamika nicanja korovnih vrsta u usjevu. Naime, svaka korovna vrsta ima specifičnu dinamiku nicanja odnosno početak i razdoblje nicanja u usjevu. Nakon prerane primjene herbicida često slijedi novi ponik korova, što iziskuje dodatno tretiranje. U nekih poljoprivrednih kultura, u kojih kritično razdoblje zakorovljenosti traje relativno dugo (primjerice šećerna repa), prihvatljiva je višekratna primjena herbicida (Šćepanović i sur. 2015). Međutim, u većine ratarskih kultura naknadna odnosno višekratna primjena herbicida često nije ekonomski isplativa. Nasuprot tome, prekasna aplikacija može imati slabiji učinak jer korovi tada prerastu razvojnu fazu u kojoj su osjetljivi na herbicidne pripravke (Battla i Benech–

Arnold, 2007). Stoga je za takve ratarske kulture korisna prognoza razdoblja najveće dinamike nicanja korova, što omogućuje lakše određivanje optimalnog roka primjene herbicida (Šćepanović i sur., 2015). Za pravovremenu procjenu tretiranja u poljoprivredno razvijenim zemljama razvijeni su modeli prognoze dinamike nicanja korova u usjevu. Na temelju prognoze kada će korovi početi nicati i koliko će trajati razdoblje nicanja, može se odrediti optimalno vrijeme suzbijanja bilo kojim dostupnim mjerama borbe.

MODELI PROGNOZE DINAMIKE NICANJA KOROVA U USJEVU

Razvoj modela prognoze dinamike nicanja korova unazad nekoliko desetljeća poprima sve veću važnost u sklopu proučavanja ekologije korova. Glavna im je uporaba pri primjeni herbicida nakon nicanja korova (post-emergence). Nadalje, tim modelima može se predvidjeti ponik rano i vrlo kasno nicajućih korovnih vrsta koje katkad „izbjegnu“ osnovnom tretmanu. S obzirom na njihov postupak izrade razlikuju se fenološki, empirijski i mehanistički modeli prognoze nicanja korova.

Od kad postoji poljoprivredna proizvodnja ljudi promatraju promjene u prirodi te na temelju njih predviđaju potrebu suzbijanja, ali i provedbu određenih agrotehničkih zahvata (Kulhanek, 2009). Fenološke promjene koje prethode ili prate pojavu koja se prati nazivaju se fenološki indikatori. Fenološki indikatori jesu promjene u prirodi koje se mogu lako i precizno primijetiti i vremenski odrediti, primjerice pojava određenih kukaca, cvatnja drvenastih biljaka te pojava ostalih organizama (Herms 1990; Huberman 1941; Kapler 1966; Mussey i Potter 1997). Fenološki modeli predviđanja nicanja korova zasnivaju se na proučavanju fenologije određene biljne vrste, najčešće drvenaste, odnosno na istraživanju periodičnih bioloških zbivanja koja se poklapaju s pojavom korovne vrste. Dokazano je da razvoj fenofaza nekih biljaka u prirodi prethodi ili slijedi pojavu određenih korovnih vrsta u usjevu. Istraživanja provedena u sjevernoj Italiji od 1999. do 2004. godine uputila su na povezanost između fenofaze cvatnje jorgovana (*Syringa vulgaris* L.) i ponika korovne vrste svračice (*Digitaria sanguinalis* L.). Nadalje, završetak cvatnje drvenaste vrste forzicije (*Forsythia viridissima* Lindl.) (slika 1.) odgovara početku nicanja dvije korovne vrste sivog muhara (*Setaria glauca* L.) i zelenog muhara (*Setaria viridis* L.), (Masin i sur., 2005) (slika 2.). Cardina i sur. (2007) utvrđuju fenološke indikatore za vrstu *Setaria faberi* L. na temelju kojih određuju rokove njezina suzbijanja. Pa tako početak cvatnje vrste *Syringa vulgaris* označava početak nicanja vrste *Setaria faberi*, ali ipak optimalni rok za



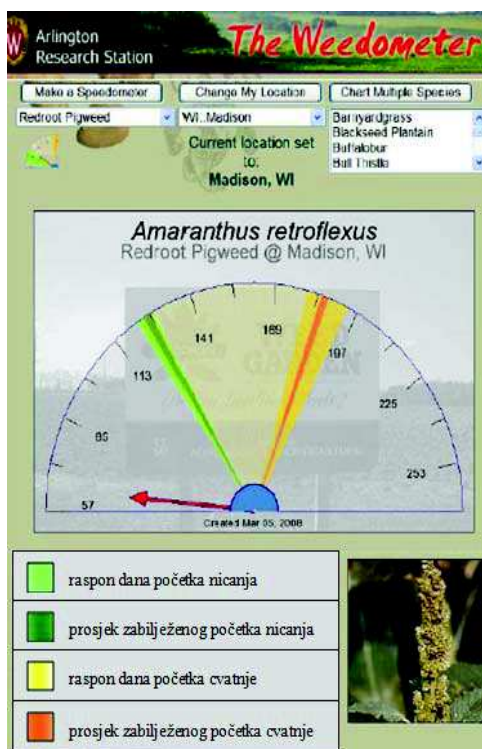
Slika 1. *Forsythia viridissima*
(izvor: www.plantright.org)

suzbijanje te vrste u post-em roku označit će vrijeme pune cvatnje vrste *Rosa multiflora* Thunb. ex Murr. Jednostavnim višegodišnjim praćenjem cvatnje tih drvenastih biljaka zasađenih pored usjeva može se prognozirati pojava navedenih uskolisnih korova.



Slika 2. Ponik korovnih trava (snimila: Masin, R. 2005.)

na Sveučilištu u Winsconsinu, a prognozira nicanje korova na osnovi podataka prikupljenim od 1998. do 2001. godine. Autori su temeljem Hopkinsonova bioklimatskoga zakona, izradili aplikaciju koja omogućuje predviđanje početka nicanja i završetka razvoja korovne vrste na određenoj lokaciji. Hopkinskov bioklimatski zakon navodi da sezonske promjene u prirodi tijekom proljeća i



Slika 3. Internetsko sučelje prognoznog modela *The*

Empirijski modeli zasnivaju se na praćenju dinamike nicanja korova, na određenoj lokaciji tijekom nekoliko godina. Temeljem dobivenih podataka o pojavi korova na određenoj lokaciji predviđa se njihova kalendarska pojava na određenoj lokaciji u narednoj odnosno tekućoj godini. Takav model *The Weedometer* (slika 3.) razvijen je u Sjedinjenim Američkim Državama

početkom ljeta kasne prosječno četiri dana za svaki stupanj prema sjeveru i pet stupnjeva prema istoku te za 120 m u visinu. S pomoću *The Weedometer* aplikacije moguće je predvidjeti nicanje korova na čak 36 000 lokacija u Sjedinjenim Američkim Država (<http://weedecology.wisc.edu>).

Kao što je vidljivo, ni fenološki ni empirijski modeli ne uključuju proučavanje bioloških parametara potrebnih za nicanje pojedine korovne nego se zasnivaju na sposobnosti opažanja pojave fenoloških promjena u prirodi te su zato manje pouzdani.

Mehanistički modeli najperspektivniji su modeli u području proučavanja problematike razvoja modela koji predviđaju nicanje korova. Ti modeli uzimaju u obzir procese unutar sjemenke kao i okolišne uvjete koji su uključeni u proces nicanja: svjetlost, dubina sjemenke u tlu, odnos CO₂ i O₂, temperatura tla, količina vlage u tlu, starost sjemenke,

fiziologija sjemenke i dormantnost (Forcella i sur. 2000). Prva generacija mehanističkih modela uzima u obzir temperaturu kao jedini faktor koji utječe na klijanje i nicanje korova (Bewick i sur., 1988; Satorre i sur., 1985). Stoga se u

početku kao osnova za prognozu nicanja koristila suma toplinskih jedinica (GDD). Suma toplinskih jedinica izražava se kao suma efektivnih temperatura iznad biološkog minimuma i umanjena za iznos biološkog minimuma specifičnog za određeni ekotip vrste te akumuliranih tijekom nekoliko dana (eng. *thermal time* – TT) (Washitani i Takenaka, 1984).

$$GDD = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b$$

Poznavanjem sume toplinskih jedinica potrebnih za ponik, korovne vrste mogu se podijeliti na rane (GDD < 70), srednje (GDD 70 - 140) i kasno nicajuće vrste (GDD > 140). Primjerice, utvrđeno je da nicanje korovne vrste *Xanthium strumarium* L., na području savezne države Iowe gdje joj biološki minimum iznosi 10,0 °C, započinje pri sumi od 77 toplinskih jedinica (Werle i sur., 2014). To sugerira da će planiranje i provedba suzbijanja te vrste započeti ranije od suzbijanja vrsta koje se okarakterizira kao kasno nicajuće. Osim početka nicanja, poznavanjem sume toplinskih jedinica moguće je utvrditi i trajanje nicanja, odnosno vrijeme potrebno da 90 % jedinki ponikne. S gledišta trajanja nicanja, korovne vrste mogu se podijeliti na brzo (GDD < 250), srednje (GDD 250 – 500) i sporo nicajuće (GDD > 500). Utvrđeno je da korovna vrsta *Papaver rhoeas* L. ima srednje razvučeno nicanje jer joj je za ponik od 90 % jedinki potrebna suma od 457 toplinskih jedinica (Izquierdo i sur., 2009). Zato potrebno je odrediti optimalno vrijeme suzbijanja te korovne vrste da bi se obuhvatio i novi ponik korova. Optimalno vrijeme za tretiranje može se odrediti utvrđivanjem postotka jedinki koje niču pri određenoj sumi toplinskih jedinica, pa tako 50 % jedinki korovne vrste *Papaver rhoeas* ponikne pri sumi od 281 toplinskih jedinica (Izquierdo i sur., 2009).

S obzirom da nicanje biljaka nije uvjetovano samo temperaturom, novija generacija modela, osim temperature uključuje i vlagu kao jedan od faktora koji utječe na razvoj klijanca (eng. *hydrothermal time* – HTT/HT), (Gummerson, 1986). Suma vodno–toplinskih jedinica (HT) izračunava se praćenjem dnevnih uvjeta tla (temperature i vodnoga potencijala) te specifičnih bioloških pragova potrebnih za nicanje sjemena u tlu (biološki minimum i vodni potencijal), (Masin i sur, 2012).

$$HT = n * \max (T_{Si} - T_b, 0) + HT_{i-1}$$

$$T_{Si} < T_o: n = 0 -> \Psi_{Si} \leq \Psi_b; n = 1 -> \Psi_{Si} > \Psi_b$$

$$T_{Si} > T_o: n = 0 -> \Psi_{Si} \leq \Psi_b + K_t (T_{Si} - T_o); n = 1 \Psi_{Si} > \Psi_b + K_t (T_{Si} - T_o)$$

Ψ_{Si} – prosječni vodni potencijal tla na dubini od 2,5cm

Ψ_b – biološki vodni potencijal korovne vrste

T_{Si} – prosječna dnevna temperatura tla na dubini od 2,5cm

T_b – biološki minimum korovne vrste

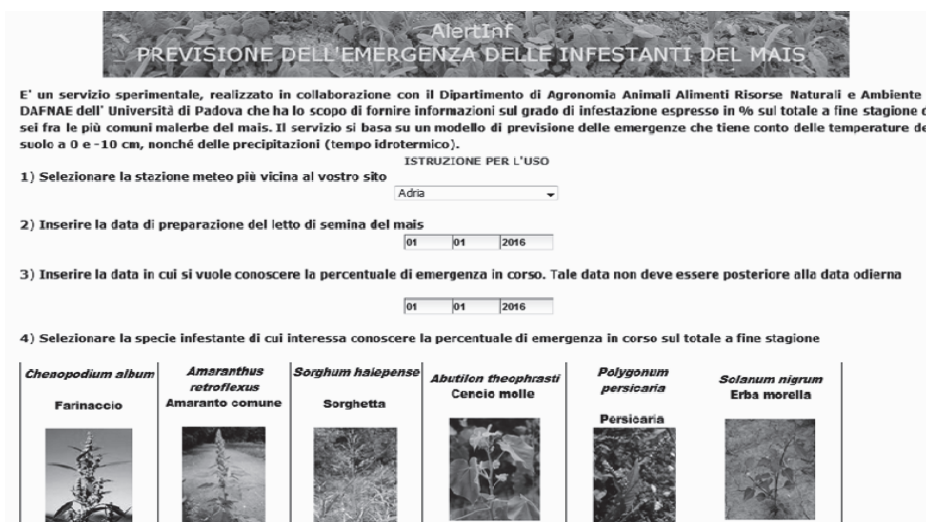
T_o – optimalna temperatura

K_t – slope između Ψ_b i T_{Si}

Izrada mehanističkih modela temeljenih na sumi vodno–toplinskih jedinica odvija se u nekoliko koraka. Prvi je korak određivanje bioloških parametara u laboratoriju (biološkog minimuma i vodnog potencijala) potrebnih za nicanje pojedine korovne vrste. Biološki minimum (T_b) najniža je temperatura potrebna za nicanje neke vrste, odnosno pri temperaturama nižim od biološkog minimuma, nicanje je jednako nuli (Gummerson, 1986). Vodni potencijal (Ψ_b) minimalna je količina vlage u tlu koja je potreba za nicanje. Druga faza izrade mehanističkog modela obuhvaća praćenje dinamike nicanja korovnih vrsta u polju kroz nekoliko godina na nekoliko lokacija uz istovremeno bilježenje dnevnih mikroklimatskih uvjeta u tlu (temperatura tla i vodni potencijal tla u zoni nicanja). Uz pomoć podataka prikupljenih u polju i laboratorijskih podataka o biološkim parametrima svake korovne vrste, temeljem sume vodno–toplinskih jedinica, izrađuju se krivulje nicanja korova u usjevu koje predstavljaju prognozu nicanja. Zadnja faza izrade modela odnosi se na utvrđivanje pouzdanosti modela njegovim korištenjem za predviđanje nicanja u polju.

U svijetu je trenutno dostupno nekoliko mehanističkih modela temeljenih na konceptu sume vodno–toplinskih jedinica, to su: *WeedTurf* i *AlertInf* u sjevernoj Italiji, *WeedCast* u Sjedinjenim Američkim Državama (slika 5.) i *Weedem* u Australiji (Masin i sur, 2008; Archer i sur. 2001; Walsh i sur., 2002). Modeli su dostupni na internetu u obliku interaktivnih softverskih aplikacija te su za krajnjeg korisnika, poljoprivrednog proizvođača, vrlo jednostavni. Unošenjem traženih informacija, kao što su lokacija najbliže meteorološke postaje, datum sjetve usjeva te odabir korovnih vrsta na parceli, izračunava se postotak izniklih korova od ukupnoga broja korova koji će niknuti do kraja sezone. Na taj način poljoprivredni proizvođač može odlučiti kad će provesti tretiranje odnosno tretiranje prilagoditi što većem broju poniklih korova i time jednom aplikacijom herbicida suzbiti korov u usjevu (Masin i sur. 2008). *WeedTurf* predviđa dinamiku nicanja četiri jednogodišnje uskolisne korovne vrste (*Digitaria sanguinalis*, *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, *Eleusine indica* L.) na golf terenima (Masin i sur., 2005). Nažalost, iako dobro zamišljen, model korisnici nisu potpuno prihvatili. Glavni je razlog tome smanjen interes korisnika modela (vlasnika golf terena) za pravovremenu i time racionalnu primjenu herbicida.

S druge strane, *AlertInf* (slika 4.) namijenjen predviđanju nicanja najvažnijih ljetnih korova za proizvođače kukuruza i soje dobro je prihvaćen i često korišten među poljoprivrednicima u sjevernoj Italiji. Model trenutno predviđa nicanje šest korovnih vrsta; *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Polygonum persicaria* L., *Solanum nigrum* L., *Sorghum halapense* L., a u tijeku je i dopuna modela za još četiri jednogodišnje uskolisne vrste *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Setaria glauca* i *Setaria viridis* (Anonymus, 2016). Prognozni model *Weedem* predviđa nicanje dva napasna korova u Australiji: *Lolium rigidum* Gaud. i *Raphanus raphanistrum* L. (Walsh i sur., 2002).



AlertInf
PREVISIONE DELL'EMERGENZA DELLE INFESTANTI DEL MAIS

E' un servizio sperimentale, realizzato in collaborazione con il Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente - DAFNAE dell' Università di Padova che ha lo scopo di fornire informazioni sul grado di infestazione espresso in % sul totale a fine stagione di sei fra le più comuni malerbe del mais. Il servizio si basa su un modello di previsione delle emergenze che tiene conto delle temperature del suolo a 0 e -10 cm, nonché delle precipitazioni (tempo idrotermico).

ISTRUZIONE PER L'USO

1) Selezionare la stazione meteo più vicina al vostro sito
Adria

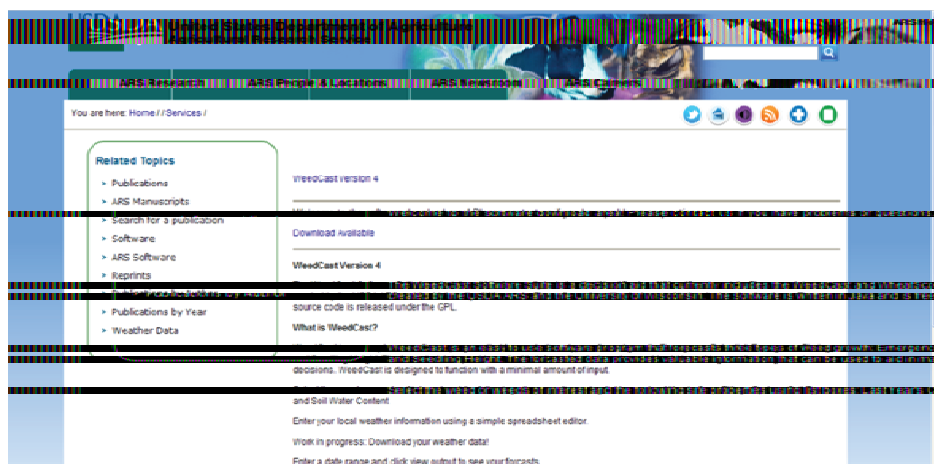
2) Inserire la data di preparazione del letto di semina del mais
01 / 01 / 2016

3) Inserire la data in cui si vuole conoscere la percentuale di emergenza in corso. Tale data non deve essere posteriore alla data odierna
01 / 01 / 2016

4) Selezionare la specie infestante di cui interessa conoscere la percentuale di emergenza in corso sul totale a fine stagione

<i>Chenopodium album</i> Farinaccio	<i>Amaranthus retroflexus</i> Amaranto comune	<i>Sorghum halepense</i> Sorghetta	<i>Abutilon theophrasti</i> Cencio melle	<i>Polygonum persicaria</i> Persicaria	<i>Solanum nigrum</i> Erba morella
--	--	---------------------------------------	---	---	---------------------------------------

Slika 4. Prognozni model *AlertInf* dostupan na internetskoj stranici ARPAV (izvor: http://www.arpa.veneto.it/upload_teolo/agrometeo/infestanti.htm)



Slika 5. Prognozni model WeedCast

izvor: <http://www.ars.usda.gov/services/software/download.htm?softwareid=112>

Svi modeli temelje se na eko-fiziološkim karakteristikama pojedine korovne vrste (biološki minimum i biološki vodni potencijal). Svaki ekotip biljnih (korovnih) vrsta razlikuje se u svojim karakteristikama što je povezano s klimatskim područjem u kojem se razvija. Primjerice za korovnu vrstu *Echinochloa crus-galli* utvrđen biološki minimum potreban za nicanje znatno varira u različitim klimatskim uvjetima, pa prijelazom u toplije klimate biološki minimum te vrste raste od 5,0 do 13,8 °C (Sadeghloo i sur. 2013; Steinmaus i sur., 2000). Jednako tako razlikuju se i biološki minimumi različitih populacija korovne vrste *Abutilon theophrasti* (3,1 – 6,0 °C) (Loddo i sur., 2013; Dorado i sur., 2009) ili pak *Chenopodium album* (2,0 – 6,0 °C) (Vleeshouwers i Kropff, 2000; Wiese i Binning, 1987). Nasuprot tome Grundy (2003) navode sinkronizirano nicanje tri populacije korovne vrste *Stellaria media* (L.) Vill. slično kao i Masin i sur. (2010) za dvije populacije *Abutilon theophrasti*, *Chenopodium album* te *Sorghum halepense* skupljenih u središnjoj i sjevernoj Italji. Ipak, pisani modeli pružit će pouzdanu informaciju jedino ako se koriste u područjima u kojima su izrađeni. Primjena u novom području moguća je jedino

ako se prethodno utvrdi sličnost bioloških parametara populacija korištenih u modelu te istraživanih populacija. Na Zavodu za herbologiju Agronomskog fakulteta tijekom 2012. godine započela su prva istraživanja bioloških parametara potrebnih za nicanje korovnih vrsta *Echinochloa crus-galli*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* i *Abutilon theophrasti*. Istraživanja su obavljena zato da bi se već razvijeni *AlertInf* model mogao primijeniti i u Hrvatskoj. Pokusi su do sada obavljani u laboratorijskim uvjetima, a za dobivanje pouzdane i točne informacije, istraživanja su nastavljena i u poljskim uvjetima.

ZAKLJUČAK

Za precizno, učinkovito te ekonomski i ekološki prihvatljivo suzbijanje korova poljoprivrednim proizvođačima ratarskih kultura dostupni su prognozni modeli. Bio-ekonomični modeli daju informaciju o tome da li je potrebno obaviti tretiranje, i ako jest, čime je potrebno tretirati. Prognozni modeli nicanja daju informaciju o dinamici nicanja korova u usjevu i time nude odgovor na pitanje kad je potrebno obaviti tretiranje. Unatoč činjenici da se korištenjem tih modela uporaba herbicida smanjuje i za pola uz isti učinak na korove i prinos uzgajane kulture, poljoprivredni proizvođači relativno teško prihvaćaju korištenje tih modela. Stoga se kao glavni cilj stručnim i znanstvenim službama nameće promocija razvijenih modela i njihova šira primjena u praksi. U našoj zemlji trenutno nema razvijenih prognoznih modela, ali su na Agronomskom fakultetu, Zavodu za herbologiju, započela znanstvena istraživanja proučavanja bioloških parametara nekih korovnih vrsta kao osnova za razvoj novog ili introdukciju već postojećeg modela na naše područje.

SUMMARY

PREDICTIVE WEED EMERGENCE MODELS AND BIOECONOMIC MODELS AS A TOOL FOR INTEGRATED WEED MANAGEMENT

In Integrated Weed Management herbicide use is justified only when the economic damage caused by the weed population is greater than the cost of the treatment which is known as economic threshold. The competitiveness of the weeds must be known beforehand in order to be able to forecast the potential damage. Economic optimum threshold models give more precise indication because they predict the long-term effects (seed bank) of weed competition and management techniques on population dynamics and annualized net return. Because of the multispecies nature of the weed population and completely different biology and ecology of weed species regarding pests and pathogens, adoption of this threshold approach to weed management has been much slower. In recent years many decision models have been developed to assist growers in weed control decision-making for several crops. The most used one are decision support system (DSS) models and predictive weed emergence models. DSS

models integrate biology of weed with economy of crops and give to producers information “if” and “how” to treat. Information “when” to treat is possible while using predictive weed emergence models because they calculate the percentage of weeds that have already emerged out of the total number of plants that may potentially emerge during the season. This information is useful for optimizing application time.

Key words: Integrated Weed Management, economic threshold, bio-economic models, DSS, predictive weed emergence models

Pregledni članak

LITERATURA

Anonymus (2016). AlertInf Support. [www.arpa.veneto.it / upload _teolo /agrometeo/ infestanti. htm](http://www.arpa.veneto.it/upload_teolo/agrometeo/infestanti.htm)

Archer, D. W., Forcella, F., Eklund, J. J., Gunsolus, J. (2001). WeedCast Version 2.0. www.morris.ars.usda.gov

Barić, K., Šćepanović, M. (2015). Integrirana zaštita šećerne repe od korova. U: Šećerna repa – zaštita od štetnih organizama u sustavu integrirane biljne proizvodnje. Priručnik Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta: 96–121

Battla, D., Benech–Arnold, R.L. (2007). Predicting changes in dormancy level in weed seed soil banks: implications for weedmanagement. *Crop Prot.* 26: 189 – 197.

Bewick, T. A., L. K. Binming, Yandell., B. (1988). A degree–day model for predicting the emergence of swamp dodder in cranberry. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 113: 839 – 841.

Berti, A., Zanin, G. (1997). GESTINF: a decision model for post–emergence weed management in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) *Crop Prot.* 16: 109 – 116.

Cardina, J., Herms, P., C., Herms, A., D., Forcella, F. (2007). Evaluating phenological indicators for predicting giant foxtail (*Setaria faberi*) emergence. *Weed Sci.* 55: 455 – 464.

Cousens, R. (1987). Theory and reality of weed control thresholds. *Plant Protection Quarterly* 2: 13–20.

Cousens, R. (1985). A simple model relating yield loss to weed density. *Annals of Applied Biology* 107: 239 – 252.

Dorado, J., Fernandez–Quintanilla, C., Grundy, A. C. (2009). Germination patterns in naturally chilled and non-chilled seeds of fierce thornapple (*Datura ferox*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Sci.* 57: 155 – 162.

Forcella, F., Benech–Arnold, R. L., Sanchez, R., Ghera, C. M. (2000). Modeling seedling emergence. *Field Crop Res.* 67: 123 – 139.

Grundy, A. C. (2003). Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. *Weed Res.* 43: 1 – 11.

Gummerson, R. J. (1986). The effect of constant temperatures and osmotic potential on the germination of sugar beet. *J. Exp. Bot.* 37: 729 – 741.

Heitefuss, R., Gerowitt, B. i Wahmnoff W. (1987). Development and implementation of weed economic thresholds in F.R. Germany. Proceeding of the Brighton Crop Portection Conference, Weeds. Farnham, UK: British Crop Protection Council: 1025 – 1034.

Herms, D. A. (1990). Biological clocks: using plant phenology to predict insect activity. *Am. Nurseryman* 172: 56 – 63.

- Huberman, M. A.** (1941). Why phenology? *J. Forestry* 39: 1007 – 1013.
- Izquierdo, J., Gonzalez–Adujar, J., Bastida, F., Lezaun, A. J., Sanchez del Arco, M. J.** (2009). A thermal time model to predict corn poppy (*Papaver rhoeas*) emergence in cereal fields. *Weed Science* 57: 660 – 664.
- Jensen, A. L., Boll, P. S., Thyssen, I., Pathak, B. K.** (2000). Pl@nteInfo – A web-based system for personalised decision support in crop management. *Computers and Electronics in Agriculture* 25: 271–294.
- Kapler, J. E.** (1966). Phenological events associated with the spring emergence of the smaller European elm bark beetle in Dubuque, Iowa. *J. Econ. Entomol.* 60: 50 – 52.
- Kulhanek, A.** (2009). User-friendly methods for timing Integrated Pest Management strategies: An analysis of degree-day models and biological calendars. Thesis. The Ohio State University: 1 – 15.
- Lindquist, J. L., Marwell, B. D., Buhler, D. D., Gunsolus, J. L.** (1995). Modeling the population dynamics and economics of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) control in a corn (*Zea mays*) soybean (*Glycine max*) rotation. *Weed Sci.* 43: 269 – 275.
- Loddo, D., Sousa E., Masin, R., Calha, I., Zanin, G., Fernandez–Quintanilla, C., Dorado, J.** (2013). Estimation and Comparison of Base Temperatures for Germination of European Populations of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and Jimsonweed (*Datura stramonium*). *Weed Science* 2013 61: 443 – 451.
- Lybecker, D. W., Schwarzer, E. E., King, R. P.** (1991). Weed management decisions in corn based on biocenomic modeling. *Weed Science* 39: 124 – 129.
- Masin, R., Loddo, D., Benvenuti, S., Otto, S., Zanin, G.** (2012). Modeling Weed Emergence in Italian Maize Fields. *Weed Science* 60: 254 – 259.
- Masin, R., Vaseleidas, V., Loddo, D., Otto, S., Zanin, G.** (2010). A single time survey method to predict the daily weed density for weed control decision making. *Weed Science* 59:270 – 275.
- Masin, R., Cacciatori, G., Zuin, M. C., Zanin, G.** (2008). AlertInf: Modello di previsione delle emergenze per il controllo della infestanti del mais in Veneto. *Italian Journal of Agrometeorology*: 112–113.
- Masin, R., Zuin, M. C., Archer, D. W., Forcella, F., Zanin, G.** (2005). WeedTurf: a predictive model to aid control of annual summer weeds in turf. *Weed Sci.* 53: 193 – 201.
- Mussey, G. J., Potter D. A.** (1997). Phenological correlations between flowering plants and activity of urban landscape pests in Kentucky. *J. Econ. Entomol.* 90: 1615 – 1627.
- Neeser, C., Dille, J. A., Krishnan, G., Mortensen, D. A., Rawlinson, J. T., Martin, A. R., Bills, L. B.** (2004). WeedSOFT®: A Weed Management Decision Support System, *Weed Science* 52: 115–122.
- Rankins, A. D., Shaw, R. i Byrd, D.** (1998). HERB and MSU–HERB field validation for soybean (*Glycine max*) weed control in Mississippi. *Weed Technology* 12: 88 – 96.
- Renner, K. A., Swinton, S. M. i Kells, J. J.** (1999). Adaptation and evaluation of the WEEDSIM weed management model for Michigan. *Weed Science* 47: 338 – 348.
- Sadeghloo, A., Asghari, J., Ghaderi–Far, F.** (2013). Seed germination and seedling emergence of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus–galli*), *Planta daninha*, 31 (2): 259 – 266.
- Satorre, E. H., Ghersa, C. M., Pataro, A. M.** (1985). Prediction of *Sorghum halepense* (L.) Pers. rhizome sprout emergence in relation to air temperature. *Weed Res.* 25: 103 – 109.

.....

Scott, G. H., Askew, S. D., Bennett, A. C., Wilcur, W. (2001). Economic evaluation of HADDS computer program for weed management in nontransgenic and transgenic cotton. *Weed Science* 49: 549 – 557.

Steinmaus, S. J., Prather, T. S., Holt, J. S. (2000). Estimation of base temperatures for nine weed species. *Journal of Experimental Botany* 51: 275 – 286.

Stern, V. M. (1973). Economic thresholds. *Annu. Rev. Entomol.* 18: 259 – 28.

Šćepanović, M., Masin R., Šoštarčić, V., Barić, K., Ostojić Z. (2015). Prognoza dinamike nicanja korova u integriranoj zaštiti ratarskih kultura, *Glasilo biljne zaštite*, br. 1/2 – dodatak, godina XV: 45– 46.

Vleeshouwers, L. M., Kropff, M. J. (2000). Modelling field emergence patterns in arable weeds. *New Phytol.* 148: 445 – 457.

Walsh, M., Forcella, F., Archer, D., Eklund, J. (2002). WEEDDEM: turning information into action. Pages 446–449 in *Proceedings of the 13th Australian Weeds Conference*. Perth, Australia.

Washitani, I., Takenaka, A. (1984). Mathematical description of the seed germination dependency on time and temperature, *Plant, Cell & Environment*, 7: 359 – 362.

Werle, R., Sandell, D. L., Buhler, D. D., Hartzler, G. R., Lindquist L. J. (2014). Predicting Emergence of 23 Summer Annual Weed Species, *Weed Science* 62: 267 – 279.

Wiese A. M., Binning L. K. (1987). Calculating the threshold temperature of development for weeds. *Weed Science* 35, 177 – 179.

Wilkerson G. G., Wiles L. J., Bennett A. C. (2002). Weed management decision models: pitfalls, perceptions and possibilities of the economic threshold approach. *Weed science*, 50: 411 – 424.

Zanin, G., Berti, A., Toniolo, L. (1993). Estimation of economic thresholds for weed control in winter wheat. *Weed Research* 33: 459 – 467.

Zanin, G., Sattin, M. (1988). Threshold level and seed production of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus) in maize. *Weed Research* 28: 347 – 352.